

Propriedades ópticas relacionadas à estética dental

Optical properties related to dental aesthetics

Manuel Tomás Borges Radaelli^a, Christian Schuhb^c, Leonardo Federizzi^c, Ataís Bacchi^b, Aloísio Oro Spazzinb^c

^aEspecialista em Prótese Dentária pelo Centro de Estudos Odontológicos Meridional (CEOM), Passo Fundo, RS, Brasil.

^bDepartamento de Odontologia Restauradora da Escola de Odontologia da Faculdade Meridional (IMED), Passo Fundo, RS, Brasil.

^cDepartamento de Prótese Dentária do Centro de Estudos Odontológicos Meridional (CEOM), Pós-Graduação da Faculdade Meridional (IMED), Passo Fundo, RS, Brasil.

RESUMO

A restauração de um dente mantendo sua naturalidade sob quaisquer circunstâncias é uma tarefa difícil, devido às complexas características ópticas que influenciam neste processo. Fenômenos ópticos como a cor do dente, sua translucidez, opacidade, opalescência, fluorescência, fonte luminosa ambiente e seus relativos efeitos de metamerismo, têm um papel importantíssimo na maneira como percebemos um dente e, conseqüentemente, o processo de mimetização realizado durante o tratamento restaurador. O sucesso nos resultados estéticos depende da integração de alguns fatores que se tornam críticos para tal: conhecimento de princípios básicos sobre a percepção das cores, percepção inerente a cada indivíduo, fonte de luz utilizada durante a avaliação da cor, características estruturais de superfície dos dentes e dos materiais restauradores utilizados, registro destas informações e a comunicação com o laboratório quando forem realizadas restaurações indiretas. Neste contexto, tendo como objetivo final o desenvolvimento de uma percepção mais apurada das características estéticas da dentição natural, este artigo buscou revisar a literatura com o intuito de auxiliar o clínico a adquirir o entendimento de princípios relacionados à cor, luz e as propriedades ópticas que são inerentes aos dentes, cerâmicas e resinas compostas.

Recebido em 22/10/13

Artigo revisado em 25/10/13

Aceito em 28/10/13

Descritores: cor; estética; fluorescência; óptica e fotônica.

Autor correspondente:

Centro de Estudos Odontológicos Meridional (IMED), Rua Senador Pinheiro, 224, 99070-220, Bairro Rodrigues, Passo Fundo, RS.

Fone: (54) 3045-6100

Email: manuelradaelli@gmail.com

Introdução

Na odontologia contemporânea, não mais apenas a função é considerada fundamental, mas também a aparência dos dentes. Esta aparência depende de fatores culturais e de preferências individuais, pois a percepção que alguém tem de uma experiência visual específica, pode ser agradável ou desagradável; assim como o que é considerado “bonito” em uma cultura pode ser “feio” em outra. Os olhos e a boca são as referências mais comuns quando se fala em aparência ou atração facial, e quando um indivíduo fala ou se aproxima de outra pessoa, a região oral representa um papel importante (1).

Diz-se que o sorriso é uma das habilidades comunicativas mais importantes de uma pessoa. Com isso em mente, o objetivo final da odontologia estética tornou-se

criar um sorriso bonito, com os dentes possuindo uma proporção agradável entre si, assim como um alinhamento dentário em harmonia com a gengiva, lábios e a face do paciente (2).

Entretanto, segundo Vichi et al. (2011), criar restaurações com uma aparência natural é um dos aspectos mais desafiadores da odontologia e a reprodução da cor dos dentes naturais nas restaurações é uma tarefa difícil, devido às complexas características ópticas da dentição natural. O sucesso desta criação necessita da integração de alguns fatores críticos: o conhecimento de alguns princípios básicos sobre a percepção das cores, a própria percepção que cada indivíduo tem das cores, a fonte de luz utilizada durante a avaliação da cor e, principalmente, as características estruturais e de superfície dos dentes e dos materiais restauradores utilizados. Deste modo, os clínicos que o buscam devem adquirir o entendimento

de cor, luz e as propriedades ópticas que relacionam os dentes às porcelanas e resinas compostas, assim como desenvolverem a habilidade em comunicar claramente as instruções ao laboratório, quando procedimentos indiretos forem realizados. Assim sendo, este estudo buscou revisar a literatura científica no que tange às propriedades ópticas apresentadas pelos dentes naturais de forma a auxiliar o clínico na compreensão destes fenômenos e, consequentemente, obter melhores resultados estéticos na clínica diária.

Revisão de literatura

Percepção da cor

Segundo Joiner (2004), a estética de qualquer restauração necessita considerar os parâmetros de cor, translucidez e características superficiais. A cor e a aparência dos dentes são um fenômeno complexo, pois dependem de vários outros fatores, como as condições luminosas, translucidez, opacidade, espalhamento da luz, brilho e, por fim, tendo o ser humano, como indivíduo, influenciando a percepção da cor como um todo. Nos dentes, a cor é determinada pelo efeito combinado de colorações intrínsecas e extrínsecas. A cor intrínseca dos dentes está associada às propriedades de espalhamento e absorção da luz que o esmalte e a dentina possuem. A cor extrínseca está associada com a absorção de materiais na superfície do esmalte e particularmente à película aderida, que em última instância pode causar o manchamento dental (2).

Em 1995, um grupo de investigadores mediu a expansão da luz no esmalte e na dentina e descobriu que, no esmalte, os cristais de hidroxiapatita contribuem significativamente para a dispersão da luz, enquanto que na dentina os responsáveis por este fenômeno são os túbulos dentinários. A dentina constitui a primeira fonte de cor e a luz refletida internamente por ela será transmitida através do esmalte, sendo modificada pela espessura deste (4).

O fenômeno da cor é uma reação psicofísica detectada pelo olho humano, em resposta a interação física da energia luminosa com um objeto e a experiência subjetiva da observação de um indivíduo (2). Os diferentes comprimentos de onda do espectro luminoso produzem seis sensações diferentes: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta. Porém, há um número de gradações ao longo destes comprimentos de onda, com limites indefinidos. A cor é uma questão de luz, para esta ser percebida, a luz que é refletida por um objeto estimula os nervos sensitivos na retina ocular, enviando um sinal que é interpretado no córtex visual do cérebro. Deste modo, a cor de um objeto é determinada pelos comprimentos de onda que serão refletidos ao incidir uma luz branca sobre o mesmo. Porém, a sua translucidez também deve ser considerada, pois esta característica influencia a quan-

tidade de luz que será transmitida, absorvida e refletida por cada material (5).

Três fatores podem influenciar a percepção de cores: a fonte de luz, o objeto observado e o observador. A fonte de luz pode emitir energia radiante de apenas um determinado feixe de comprimento de onda, sendo caracterizada pela quantidade relativa de energia emitida em cada comprimento de onda no espectro visível de luz. A fonte de luz que ilumina um objeto afeta a percepção de cor, já que as fontes individuais contêm quantidades variáveis de cada comprimento de onda visível. Já o espectro reflexivo (ou transmissivo) de um objeto caracteriza a coloração daquele objeto. A curva de reflexão ou transmissão de um objeto representa isto graficamente, e proporciona um modo de quantificar numericamente a cor. Conforme os objetos variam de cor, os gráficos descrevem a energia sendo absorvida ou refletida. Por exemplo, um objeto vermelho aparenta ser vermelho primariamente por que reflete maior quantidade de comprimentos de onda vermelhos que verdes, ou azuis; por outro lado, se a fonte de luz não possuir o comprimento de onda vermelho, ou próximo disso, o objeto irá apresentar outra cor. Por fim, o sistema visual do observador, composto por olhos e cérebro, afeta a percepção da cor como um todo. (2).

Conforme a luz entra no olho através da córnea e da lente, uma imagem é focada na retina. A quantidade de luz entrando no olho é controlada pela íris, que dilata ou contrai dependendo do nível de iluminação. As “varas” e os “cones” da retina podem ajustar a variação da intensidade de luz. A acuidade visual na percepção da cor depende da área da retina que é estimulada pela luz. Em uma taxa de iluminação alta a pupila se estreita, e conforme a taxa vai diminuindo, a pupila vai se abrindo para estimular sensores menos acurados aos feixes luminosos (5).

Como um mecanismo regulador do diâmetro da pupila, a intensidade de luz é um fator crítico na percepção e na seleção da cor. Três fatores importantes que refletem o acerto de uma cor são: contraste sucessivo, contraste simultâneo e a constância da cor. O contraste sucessivo é o efeito de projeção negativa que ocorre após olhar fixamente para um objeto colorido. Contraste simultâneo é uma mudança instantânea na sensibilidade cromática, caracterizada pela troca na aparência de uma cor devido às cores que compõem o ambiente focado. A constância da cor ocorre quando objetos que percebemos com certa cor parecem continuar apresentando a mesma cor, mesmo se a luz recebida pelo olho varie. Uma resposta neural está envolvida na visão da cor e uma estimulação constante por uma única cor pode resultar em fadiga visual e diminuir a resposta do olho. Nossa acuidade visual e a habilidade em perceber cores são afetadas, ainda, pela idade, doenças crônicas, glaucoma e medicações como contraceptivos orais, ibuprofeno, drogas antiepilépticas, aspirina, antibióticos, lidocaína, etc. (5).

Propriedades ópticas primárias: dimensões da cor

Além do acerto da cor, quando tentamos comunicá-las, outros problemas ainda surgem. Assim, uma grande quantidade de escalas de cores tem sido desenvolvida, buscando evitar erros no processo de comunicação das cores relacionadas aos dentes. Uma das maneiras mais adotadas na odontologia para a comunicação de tomada de cor é atrelada ao espaço de cores preconizado por Munsell, ou seja, em termos do *matiz*, *croma* e *valor* do dente (2).

Matiz é o atributo da cor que permite a distinção entre diferentes famílias de cores, por exemplo: vermelhas, verdes ou azuis(2). Esta é especificada como o feixe de comprimento de onda dominante no espectro visível que produz a cor percebida. Na escala de cores Vita Classic foram reunidos os principais matizes de dentes e classificados em 4 grupos: Vermelho/Amarelo ou Laranja (A), Amarelo (B), Cinza (C) e Vermelho/Amarelo/Cinza ou Marrom (D). (5)

Valor, ou clareza, indica a quantidade de luz que retorna de um objeto. Munsell descreveu valor como uma escala que varia do completamente preto para o completamente branco. Objetos com alto valor têm pequenas quantidades de cinza, enquanto objetos com baixo valor possuem grandes quantidades de cinza, aparentando serem mais escuros. Assim, se desejado, o valor de uma coroa protética pode ser alterada e este processo, na maioria das vezes, é feito de duas maneiras: diminuindo o croma ou aumentando o reflexo de superfície. Um valor baixo significa que menos luz retornará do objeto iluminado e a luz remanescente é absorvida ou espalhada em outras direções. (5)

O Valor é o parâmetro de cor mais sensível ao olho humano, devido a um maior número de bastonetes (células fotorreceptoras envolvidas na transdução de luz monocromática em sinais nervosos para o cérebro através do nervo óptico) do que cones (células fotorreceptoras que detectam diferentes cores) na retina humana, numa proporção de 20:1. Logo, um erro no valor terá grande impacto sobre a percepção de cor final (6).

Croma é o grau de saturação de um matiz e descreve a força, intensidade ou vivacidade de uma cor. Se um corante (digamos vermelho) é adicionado várias vezes em um copo de água, a intensidade de corante vai aumentando, mas a cor permanece a mesma (matiz). Porém, conforme mais corante se adiciona, a mistura parece mais escura. Logo, o aumento no croma causa uma diminuição no valor, pois o croma e o valor são inversamente proporcionais. Na escala Vita Classic o croma do dente é determinado por números e conforme maior o número, maior o croma e, conseqüentemente, menor o valor (2,4, 5).

Outra forma de comunicação da cor, de forma numérica e quantitativa, foi definida pela Comissão Internacional da Iluminação (CIE - Commission Internationale de l'Eclairage), em 1978. Esse novo espaço de cores foi nomeado "CIE Lab", e se refere à Teoria Tricromática da cor, onde a percepção de Cor é baseada em três receptores de cor separados no olho: Vermelho, Verde e Azul (7).

O espaço de cores CIE Lab representa um espaço uniforme de cores, com determinadas distâncias correspondendo a determinadas diferenças de cores percebidas. Neste espaço de cores tridimensionais (3D) os três eixos são L^* , a^* e b^* . O valor L^* é uma medida de valor/clareza de um objeto e é quantificada em uma escala onde um preto perfeito tem um L^* zero e uma perfeita reflexão tem um L^* de 100. O valor a^* é uma medida da quantidade de vermelho ($+a^*$) ou verde ($-a^*$). O valor b^* é uma medida de quantidade de amarelo ($+b$) ou azul ($-b^*$). As coordenadas a^* e b^* aproximam-se de zero para cores neutras (branco, cinzas) e aumentam sua magnitude para cores mais intensamente saturadas. A vantagem do sistema CIE Lab é que as diferenças de cor podem ser expressas em unidades que podem ser relacionadas à percepção visual e significância clínica (5).

A vantagem sobre o espaço de cores de Munsell (matiz, croma e valor) é que as unidades $CIE L^*a^*b^*$ são espaçadas uniformemente em termos de percepção visual. Assim, as leituras digitais dos espectros de cor podem ser relacionadas às observações subjetivas, visuais (8). Apesar disso, na odontologia, a comunicação das cores ainda é mais comumente realizada através do sistema de Munsell (6).

Propriedades ópticas secundárias: translucidez, opalescência e fluorescência

Quando a luz encontra um objeto, quatro fenômenos associados com as interações do objeto com o fluxo luminoso podem ser descritos: transmissão da luz através do objeto, reflexão na superfície, reflexão difusa da luz na superfície e absorção e espalhamento da luz dentro do objeto. Cada objeto possui suas próprias características ópticas, que irão definir como estes fenômenos irão ocorrer (2). Do ponto de vista físico, a cor do dente é o resultado de um volume de luz após sofrer um processo de espalhamento, por exemplo, um raio luminoso segue padrões altamente irregulares de propagação da luz através do dente antes de emergir de sua superfície e alcançar o olho do observador (9). Cores diferentes do branco total são predominantemente um resultado da luz após ser absorvida ao longo destes padrões e do coeficiente de absorção dos tecidos dentais (10).

A propriedade óptica primária dos objetos é a sua cor, mas translucidez, opalescência, metamerismo e fluorescência são propriedades ópticas secundárias que também influenciam na aparência final de uma restauração (2). Estas propriedades ópticas devem ser registradas a fim de obter sucesso nas restaurações cerâmicas (11,12,13). Uma reprodução incorreta de algumas dessas características afeta o resultado estético final e conduz a uma aparência artificial, resultando em uma restauração mal sucedida (11).

A translucidez pode ser definida como uma propriedade óptica de um objeto, capaz de permitir que uma quantidade relativa de luz passe por certa espessura de seu corpo. Esta propriedade indica a quantidade e a qualidade da reflexão luminosa (4). A dentição humana é caracterizada pelos variados graus de translucidez (5). A translucidez do esmalte varia de acordo com o ângulo de foco, a claridade da superfície, o comprimento de onda da luz e com a quantidade de desidratação. A dentina, apesar de ser mais opaca que o esmalte, também é translúcida e sua translucidez aumenta com a idade. Nos dentes, o terço incisal é a sua região mais translúcida, pois a espessura de dentina é menor que a do terço médio e gengival (4).

Quando coroas cerâmicas são confeccionadas, a sua translucidez permite que a cor do dente preparado influencie na cor final do tratamento concluído. Restaurações de cerâmica vítrea permitem a luz passar através da coroa, criando uma aparência estética melhor quando comparadas a coroas cerâmicas com infraestruturas opacas, pois estas refletem a maior parte da luz, impedindo que ela ultrapasse esta (14). Segundo Sikri (2010), aumentando-se a translucidez de uma coroa se diminui o seu valor, pois menos luz retornará em direção ao olho. Com grande translucidez, a luz consegue passar a superfície e se espalhar dentro da restauração.

Para assegurar uma resistência maior às restaurações cerâmicas, os fabricantes geralmente recomendam um mínimo de espessura, específico para cada sistema restaurador. Porém, a espessura de uma restauração afeta sua translucidez (15, 16), pois materiais mais espessos possuem maior opacidade (16). Segundo Monteiro et al. (2012), a reprodução correta dos detalhes do terço incisal depende destas características (translucidez, mamelões, halo incisal) e determina o sucesso do tratamento restaurador estético.

A fluorescência é a absorção de luz pelo material, e uma emissão espontânea da mesma, em um comprimento de onda maior (5). Dentes naturais apresentam fluorescência sob radiação ultravioleta, sendo particularmente percebido em festas noturnas, onde há lâmpadas que emitem o final do espectro azul juntamente com radiação ultravioleta, comumente conhecidas como luz negra (17). Esta propriedade faz com que os dentes pareçam mais brancos e mais claros na luz do dia, ou sob luzes artificiais, como lâmpadas fluorescentes, flashes, ou luz negra. A fluorescência dental é determinada principalmente pela dentina, que possui bastante colágeno, material orgânico com alta quantidade de aminoácidos que emanam fluorescência, como o triptofano, resultando em uma fluorescência três vezes maior que o esmalte. Neste último, ela é atribuída aos seus componentes orgânicos, os quais contribuem com menos de 2% da sua composição total (4).

Segundo Raptis et al. (2006), é esta fluorescência que parece vir de dentro que dá aos dentes seu aspecto de vivacidade e, segundo Sikri (2010), apesar de ser com luzes UV próximas a luz solar que notamos maior fluorescência,

ela ocorre em todos os comprimentos de onda. Por isso, as cerâmicas odontológicas devem incluir substâncias que possam criar a simulação desta propriedade de fluorescência que os dentes humanos apresentam (17). Segundo Sikri (2010), pós fluorescentes já são adicionados às coroas atualmente, para aumentar a quantidade de luz que retorna para o observador, bloqueando descolorações e diminuindo o croma. É especialmente benéfico em cores com baixo valor, pois eles podem aumentar o valor da restauração sem afetar negativamente a sua translucidez.

A opalescência é uma propriedade óptica que consiste na dispersão dos menores comprimentos de onda da luz visível, dando ao objeto uma coloração azulada/acinzentada na luz refletida, e uma dispersão dos maiores comprimentos de onda da luz visível na luz transmitida, conferindo uma coloração alaranjada. Quando o índice de refração existente entre duas substâncias é excessivo, o objeto pode emitir cores opalescentes com alto valor, alta claridade e brilho (4). O nome deste fenômeno surgiu da pedra opala. Uma opala natural é um dissilicato aquoso que decompõe a luz transiluminada através da refração. A opala age como um prisma e refrata diferentes comprimentos de onda em graus variados. Os comprimentos de onda mais curtos refratam mais e precisam de um ângulo crítico maior para escapar de um material com maiores densidades, pois estes materiais possuem um ângulo de refração maior, impedindo que a luz atravesse por todo seu corpo (17).

Este fenômeno também é encontrado na dentição natural. Os cristais de hidroxiapatita existentes no esmalte também agem como prismas, e são menores que o comprimento de onda do raio de luz visível (17). Os comprimentos de onda da luz possuem diferentes graus de reflexão, absorção e transmissão através do dente e materiais dentários, conforme a translucidez destes. Quando iluminados, a opala e o esmalte irão transmitir raios avermelhados e espalhar os azulados dentro do seu corpo, principalmente no extremo incisal (5). Assim, o esmalte parece azulado mesmo que ele seja incolor. O efeito opalescente do esmalte clareia o dente e lhe confere profundidade óptica e vitalidade (17).

Segundo Volpato et al. (2009), metamerismo é um fenômeno que ocorre quando um objeto de uma única cor apresenta curvas de espectro diferentes quando submetido a diferentes fontes luminosas. Já o termo metâmeros define objetos de cores diferentes que apresentam a mesma cor quando iluminados por uma fonte luminosa com comprimento de onda/cor determinada, podendo consequentemente não se igualarem quando iluminados por outro comprimento de onda qualquer. Assim sendo, segundo os autores, fica evidente a necessidade de levar em consideração várias fontes luminosas durante a observação de uma cor. A iluminação pode ser uma fonte de luz natural, como a luz do dia, ou artificial, (incandescente, fluorescente ou LED) que de acordo com sua origem pode mudar a percepção da cor de um objeto. Com o intuito de diminuir este efeito durante a seleção de cor, os

autores aconselham, ainda, escolher a cor que demonstra menor variação visual sob as diferentes fontes luminosas. No caso de provas de cor, a verificação por alterações de cor sob diferentes iluminações também é importante, sendo necessárias compensações de possíveis ocorrências metamerísticas.

Considerações finais

O aumento da exigência estética demonstrada pelos pacientes tem criado a necessidade por materiais restauradores com propriedades cada vez mais estéticas, assim como a utilização de novas técnicas de tratamento. Porém, mesmo com o avançado nível técnico e tecnológico em que hoje se encontra a odontologia restauradora/protética, sempre será de primordial importância a compreensão dos fenômenos ópticos que envolvem a expressão final do que chamamos de elemento dental. Pois o que vemos nada mais é que uma expressão da luz após ter sido processada pelo corpo do dente, ou ainda das restaurações e próteses que o substituem.

As propriedades ópticas de um dente como sua cor, translucidez, opacidade, opalescência, fluorescência e metamerismo são peças chave quando buscamos realizar um tratamento restaurador estético. Tanto quando o próprio cirurgião-dentista realiza restaurações diretas, utilizando resinas compostas, como quando o técnico de laboratório as confecciona indiretamente, com a aplicação de porcelanas, deve-se ter em mente todas as características que devemos copiar para poder posteriormente ser possível a sua reprodução de forma adequada.

Cabe ainda ao clínico ser apto a registrar todas estas propriedades de acordo com cada caso e saber como comunicá-las ao laboratório para que o técnico tenha informações suficientes para a confecção do trabalho. O bom entendimento entre o cirurgião-dentista e o protético faz com que aquilo que seja esperado pelo primeiro seja corretamente entendido e adequadamente produzido pelo segundo, surgindo uma melhora nos resultados conforme o tempo de trabalho conjunto.

A utilização de fotografias e modelos de gesso bem confeccionados podem auxiliar na comunicação das características de superfície dos dentes, seu formato, posição no arco e no sorriso, os contatos com elementos adjacentes e antagonistas, a sua relação com a gengiva, assim como características ópticas específicas de cada dente. As escalas de cores utilizadas pelo clínico e pelo laboratório devem ser as mesmas, sendo capazes de registrar as informações da forma mais exata e clara possível, devendo ainda ter correspondência com os materiais que serão usados para a confecção das restaurações.

ABSTRACT

The restoration of a tooth keeping its naturalness under any circumstances is a difficult task due to the complex optical characteristics that influence this process. Optical phenomena such as tooth color, their translucency, opa-

city, opalescence, fluorescence and even the type of light source environment and its effect on metamerism, have a very important role in how we perceive a tooth and, consequently, the smile of a particular individual, thus affecting the process of mimicry performed throughout the restorative treatment. The success of the aesthetic results requires the integration of some factors that become critical for this: the knowledge of basic principles of color perception, the perception inherent to each individual, the light source used for the evaluation of color, the structural and surface characteristics of teeth and restorative materials used and, finally, the record of this information and its communication to the lab when indirect procedures are performed. In this context, having as ultimate goal the development of a more accurate perception of the aesthetic characteristics of natural dentition, this paper aims to review the literature in order to assist the clinician to acquire the understanding of principles related to color, light and optical properties inherent to the teeth, ceramics and composite resins.

Keywords: color; esthetics; fluorescence; optics and photonics.

Referências

1. Vallittu, P.K.; Vallittu, A.S.; Lassila, V.P. Dental aesthetics - a survey of attitudes in different groups of patients. *Journal of Dentistry*. 1996; 24(5): 335-338.
2. Joiner, A. Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*. 2004; 32(1): 3-12.
3. Vichi, A; Louca, C; Corciolani, G; Ferrari, M. Color related to ceramic and zirconia restorations: a review. *Dental materials*. 2011; 27(1): 97-108.
4. Monteiro, P; Brito, P; Pereira, J; Alves, R. The Importance of the Optical Properties in Dental Silica-Based Ceramics. *Journal of the California Dental Association*. 2012; 40(6): 476-481.
5. Sikri, V. K. Color: Implications in dentistry. *Operative Dentistry*. 2010; 13(4): 249-255.
6. Corciolani, G; Vichi, A; Louca, C; Ferrari, M. Influence of layering thickness on the color parameters of a ceramic system. *Dental Materials*. 2010; 26(8): 737-742.
7. Commission Internationale de l'Eclairage. Light as a True Visual Quantity: Principles of Measurement. CIE Pub No. 41. Vienna: Bureau Central de la CIE; 1978.
8. Dozic A; Kleverlaan, C. J; Meegdes, M; vanderZel, J; Feilzer, A. J. The influence of porcelain layer thickness on the final shade of ceramic restorations. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2003; 90(6): 563-570.
9. Van DerBurgt, T.P.; Ten Bosch, J.J.; Borsboom, P.C.F.; Kortsmit, W.J. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1990; 63(2): 155-162.
10. O'Brien, W.J.; Johnston, W.M.; Fanian, F. Double-layer color effects in porcelain systems. *Journal of Dental Research*. 1985; 64(6): 940-943.

11. Barão, V.A.; Gennari-filho, H; Goiato, M.C; Dos Santos, D.M; Pesqueira, A.A. Factors to Achieve Aesthetics in All-Ceramic Restorations. *The Journal of Craniofacial Surgery*.2010; 21(6): 2007-2012.
12. Uludag, B;Usumez, A;Sahin, V;Eser, K;Ercoban, E. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of ceramic systems: An in vitro study. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2007; 97(1): 25-31.
13. Volpato, C.A; Monteiro, S. JR; DeAndrada, M.C; Fredel, M.C; Petter, C.O. Optical influence of the type of illuminant, substrates and thickness of ceramic materials. *Dental Materials*. 2009; 25(1): 87-93.
14. Ishikawa-Nagai, S; Yoshida, A; Da Silva, J.D;Miller, L. Spectrophotometric Analysis of Tooth Color Reproduction on Anterior All-Ceramic Crowns. Part 1: Analysis and Interpretation of Tooth Color. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*.2010; 22(1): 42-52.
15. Antonson, S. A., Anusavice, K. J. Contrast Ratio of Veneering and Core ceramics as a Function of Thickness. *International Journal of Prosthodontics*.2001; 14(4): 316-320.
16. Heffernan, M.J;Aquilino, S.A;Diaz-Arnold, A.M;Haselton, D.R; Stanford, C.M; Vargas, M.A.Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: Core materials. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2002; 88(1): 4-9.
17. Raptis, N.V.; Michalakis, K.X.; Hirayama, H. Optical Behavior of Current Ceramic Systems. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*.2006;26(1): 31-41.